

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10079324  
PUBLICATION DATE : 24-03-98

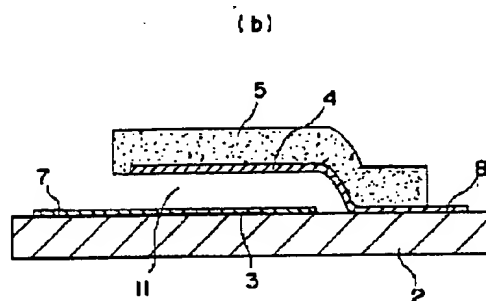
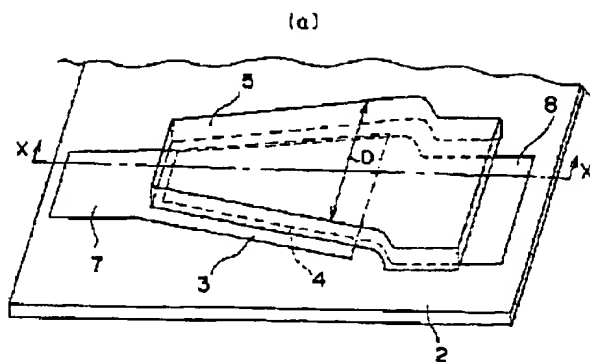
APPLICATION DATE : 04-09-96  
APPLICATION NUMBER : 08253845

APPLICANT : MURATA MFG CO LTD;

INVENTOR : TAKEUCHI MASAKI;

INT.CL. : H01G 5/16

TITLE : CAPACITANCE-VARIABLE-ELEMENT



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a capacitance-variable-element which can be downsized and can vary electrostatic capacity at a low voltage.

SOLUTION: A fixed electrode 3 is formed on a support substrate 2, and a cantilever 5 is formed over the fixed electrode 3 via a gap oppositely to the fixed electrode 3. A movable electrode 4 is formed on a face opposite to the fixed electrode of the cantilever 5. The movable electrode 4 and the cantilever 5 reduce in width D as coming from a supporting end toward a tip. By applying voltage between the fixed electrode 3 and the movable electrode 4, Coulomb force is developed between the fixed electrode 3 and the movable electrode 4, whereby the cantilever 5 is elastically displaced and the electrostatic capacity between the fixed electrode 3 and the movable electrode 4 varies.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-79324

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 G 5/16

H 0 1 G 5/16

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-253845

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月4日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 竹内 雅樹

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

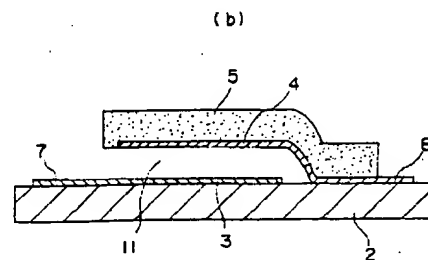
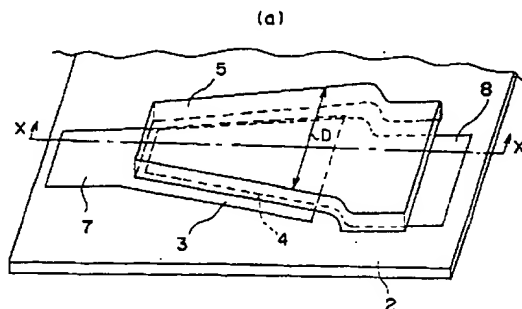
(74) 代理人 弁理士 五十嵐 清

(54) 【発明の名称】 容量可変素子

(57) 【要約】

【課題】 小型化が可能で、低電圧で静電容量を可変することができる容量可変素子を提供する。

【解決手段】 支持基板2に固定電極3を形成し、固定電極3の上側に間隙を介して片持ち梁5を固定電極3に対向させて形成する。片持ち梁5の固定電極対向面に可動電極4を形成する。可動電極4と片持ち梁5は支持端側から先端側に向かって幅Dを狭くする。固定電極3と可動電極4間に電圧を印加すると固定電極3と可動電極4間にクーロン力が発生して片持ち梁5は撓み変位し、固定電極3と可動電極4間の静電容量は可変する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 支持基板と、該支持基板に固定形成される固定電極と、上記支持基板に片持ち梁形状で支持され上記固定電極に空隙を介して対向配設される片持ち梁と、この片持ち梁の固定電極対向面に固定電極に対向して形成される可動電極とを有し、上記片持ち梁は、先端側の幅が支持端側の幅よりも狭くなっていることを特徴とする容量可変素子。

【請求項2】 固定電極は第1と第2の固定電極に分離分割され、これら第1と第2の固定電極は片持ち梁の支持端側から先端側に向かう方向に間隙を介して支持基板に配列され、片持ち梁の支持端側の固定電極は片持ち梁を撓み変動させるための駆動電極を成し、他方側の固定電極は可動電極との間の静電容量を検出するための検出電極を成している構成としたことを特徴とする請求項1記載の容量可変素子。

【請求項3】 可動電極は第1と第2の可動電極に分離分割され、これら第1と第2の可動電極は片持ち梁の支持端側から先端側に向かう方向に間隙を介して片持ち梁の固定電極対向面に配列され、片持ち梁の支持端側の可動電極は片持ち梁を撓み変動させるための駆動用の基準電極を成し、他方側の可動電極は固定電極との間の静電容量を検出するための検出用の基準電極を成している構成としたことを特徴とする請求項1又は請求項2記載の容量可変素子。

【請求項4】 片持ち梁は支持端側から先端側に向かうに従って梁の幅が連続的又は段階的に狭くなっていることを特徴とする請求項1又は請求項2又は請求項3記載の容量可変素子。

【請求項5】 支持基板と、該支持基板に固定形成される駆動電極と、この駆動電極と間隙を介して支持基板に配列形成される検出電極と、上記駆動電極と検出電極の配列方向に駆動電極側を支持端側にして伸長形成され上記駆動電極と検出電極に空隙を介して対向配設される片持ち梁とを有し、上記片持ち梁は、上記駆動電極に対向し先端側の幅が支持端側の幅よりも狭くなっている幅変形梁部と、この幅変形梁部の先端側に連設され前記検出電極に対向する検出部とにより形成され、上記検出部は上記幅変形梁部の先端側に形成され、上記幅変形梁部の駆動電極対向面には片持ち梁を撓み変動させるための駆動用の基準電極が設けられ、上記検出部の検出電極対向面には検出電極との間の静電容量を検出するための検出用の基準電極が設けられており、上記駆動用と検出用の基準電極は間隙を介して分離形成されている構成としたことを特徴とする容量可変素子。

【請求項6】 片持ち梁の幅変形梁部は支持端側から先端側に向かうに従って梁の幅が連続的又は段階的に狭くなっていることを特徴とする請求項5記載の容量可変素子。

【請求項7】 1個以上の電極の表面上に電極を保護す

る保護膜が形成されている構成としたことを特徴とする請求項1又は請求項2又は請求項3又は請求項4又は請求項5又は請求項6記載の容量可変素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、静電容量を可変することが可能な容量可変素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】容量可変素子は、例えば、互いに空隙を介して対向する2個の電極を有して構成され、これら電極間の間隔や、それら電極が対向している部分の面積を予め定めた手法により可変することで、電極間の静電容量を可変することが可能なものである。

【0003】このような容量可変素子は、可変容量コンデンサとして発振回路や変調回路等に組み込まれ、所望の回路出力が得られるようにその可変容量コンデンサの静電容量を可変設定して使用される。または、容量可変素子の静電容量が小さくなると高周波の電流は容量可変素子を介して流れることが非常に困難となり、反対に、静電容量が大きくなると高周波の電流は流れ易くなるという容量可変素子の特性を利用し、容量可変素子は高周波で回路駆動を行う高周波回路にスイッチ素子として組み込まれ、静電容量を大きくすることにより容量可変素子をスイッチオン状態にし、静電容量を小さくすることにより容量可変素子をスイッチオフ状態にするというように、スイッチ素子として使用される。

【0004】容量可変素子としては、バリコンや、図10に示すような素子（特開平5-74655号公報参照）が知られている。バリコンは、周知のように、モーター等の回動機構を有し、この回動機構によって互に対向する電極の対向面積を可変し、その電極間の静電容量を可変するものである。

【0005】また、図10に示す素子は、基板20の凹部底面22に形成された固定電極23と、凹部21の開口部に掛け渡して上記固定電極23に対向する可動電極24とを有し、上記固定電極23と可動電極24に接続された電圧印加手段25から固定電極23と可動電極24間に電圧を印加することによって、固定電極23と可動電極24間にクーロン力を作作用させ、同図の鎖線に示すように、可動電極24を撓み変動させ固定電極23と可動電極24間の間隔を可変して固定電極23と可動電極24間の静電容量を可変するものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記バリコンは、構造が複雑であるし、静電容量を可変するのに必要不可欠な回動機構は小型化が困難であることから、バリコンの小型化を図るのが難しいという問題がある。また、図10に示す素子の可動電極24は両端が固定されているので、可動電極24の中央部分を撓み変動させるためには高電圧を必要とするという問題がある。

【0007】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、簡単な構造で小型化が可能であり、低電圧で静電容量を可変することができ、しかも、精度良く、可変容量コンデンサやスイッチ素子として機能することが可能な容量可変素子を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためこの発明は次のような構成をもって前記課題を解決するための手段としている。

【0009】すなわち、第1の発明は、支持基板と、該支持基板に固定形成される固定電極と、上記支持基板に片持ち梁形状で支持され上記固定電極に空隙を介して対向配設される片持ち梁と、この片持ち梁の固定電極対向面に固定電極に対向して形成される可動電極とを有し、上記片持ち梁は、先端側の幅が支持端側の幅よりも狭くなっている構成をもって前記課題を解決する手段としている。

【0010】第2の発明は、上記第1の発明を構成する固定電極は第1と第2の固定電極に分離分割され、これら第1と第2の固定電極は片持ち梁の支持端側から先端側に向かう方向に空隙を介して支持基板に配列され、片持ち梁の支持端側の固定電極は片持ち梁を撓み変動させるための駆動電極を成し、他方側の固定電極は可動電極との間の静電容量を検出するための検出電極を成している構成をもって前記課題を解決する手段としている。

【0011】第3の発明は、上記第1又は第2の発明を構成する可動電極は第1と第2の可動電極に分離分割され、これら第1と第2の可動電極は片持ち梁の支持端側から先端側に向かう方向に空隙を介して片持ち梁の固定電極対向面に配列され、片持ち梁の支持端側の可動電極は片持ち梁を撓み変動させるための駆動用の基準電極を成し、他方側の可動電極は固定電極との間の静電容量を検出するための検出用の基準電極を成している構成をもって前記課題を解決する手段としている。

【0012】第4の発明は、上記第1又は第2又は第3の発明を構成する片持ち梁は支持端側から先端側に向かうに従って梁の幅が連続的又は段階的に狭くなっている構成をもって前記課題を解決する手段としている。

【0013】第5の発明は、支持基板と、該支持基板に固定形成される駆動電極と、この駆動電極と空隙を介して支持基板に配列形成される検出電極と、上記駆動電極と検出電極の配列方向に駆動電極側を支持端側にして伸長形成され上記駆動電極と検出電極に空隙を介して対向配設される片持ち梁とを有し、上記片持ち梁は、上記駆動電極に対向し先端側の幅が支持端側の幅よりも狭くなっている幅変形梁部と、この幅変形梁部の先端側に連設され前記検出電極に対向する検出部とにより形成され、上記検出部は上記幅変形梁部の先端側に形成され、上記幅変形梁部の駆動電極対向面には片持ち梁を撓み変動さ

せるための駆動用の基準電極が設けられ、上記検出部の検出電極対向面には検出電極との間の静電容量を検出するための検出用の基準電極が設けられており、上記駆動用と検出用の基準電極は空隙を介して分離形成されている構成をもって前記課題を解決する手段としている。

【0014】第6の発明は、上記第5の発明を構成する片持ち梁の幅変形梁部は支持端側から先端側に向かうに従って梁の幅が連続的又は段階的に狭くなっている構成をもって前記課題を解決する手段としている。

【0015】第7の発明は、上記第1～第6の発明のうちの1つの発明を構成する1個以上の電極の表面上に電極を保護する保護膜が形成されている構成をもって前記課題を解決する手段としている。

【0016】上記構成の本発明において、例えば、固定電極と可動電極間に電圧を印加すると、固定電極と可動電極の間にクーロン力が作用し、このクーロン力によって片持ち梁が撓み変形して固定電極と可動電極の間隔が可変し、固定電極と可動電極の間の静電容量が可変する。

【0017】上記可動電極は片持ち梁に形成されているので、可動電極が両持ち梁に形成されている場合と比べて、小さなクーロン力、つまり、低電圧で、片持ち梁を大きく撓み変動させることが可能である。しかも、片持ち梁は支持端側よりも先端側の梁の幅が狭くなっているため、固定電極側から受ける梁先端側の撓み方向の力も小さくなり、これにより、片持ち梁の先端側が過剰に撓んで支持基板に接してしまい、容量素子（コンデンサ）として機能することができないという虞れを回避する。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る実施の形態例を図面に基づき説明する。

【0019】図1の(a)には第1の実施の形態例の容量可変素子を示す斜視図が、図1の(b)には図1の(a)に示す容量可変素子のX-X断面図がそれぞれ示されている。この実施の形態例の容量可変素子は、前述したような可変容量コンデンサやスイッチ素子として機能することが可能なもので、支持基板2と、固定電極3と、可動電極4と、片持ち梁5とを有して構成されている。

【0020】図1の(a)と(b)に示すように、支持基板2の上面に固定電極3が固定形成され、この固定電極3の上側には該固定電極3に空隙11を介して対向する片持ち梁5が支持基板2に支持されて設けられており、この片持ち梁5の下面（固定電極対向面）には上記固定電極3に対向する可動電極4が形成されている。

【0021】上記片持ち梁5は、図1の(a)に示すように、支持端側から先端側に向かうに従って梁の幅Dが連続的に狭くなっている。この片持ち梁5の形状と同様に、可動電極4も片持ち梁5の支持端側から先端側に向かうに従って幅が狭くなっている。

【0022】また、支持基板2の上面には、前記固定電極3に接続されて片持ち梁5の先端側の外へ引き出し形成された固定側引き出し電極7と、可動電極4に接続されて片持ち梁5の支持端側の外へ引き出し形成された可動側引き出し電極8とが形成されている。

【0023】上記固定側引き出し電極7と可動側引き出し電極8には固定電極3と可動電極4間に電圧を印加してクーロン力を作用させるための駆動電圧信号を外部から導く入側のリード導体（図示せず）がそれぞれ接続されると共に、固定電極3と可動電極4間の静電容量に対応する検出電圧信号を外部へ導く出側のリード導体（図示せず）がそれぞれ接続されて、図1に示す容量可変素子は予め定められた回路に組み込まれ、可変容量コンデンサ又はスイッチ素子として機能する。

【0024】なお、支持基板2は、ガラスやセラミックス等の絶縁基板や、被覆膜（例えば、珪素酸化膜、珪素窒化膜、樹脂膜等）で被覆された珪素、ヒ化ガリウム、ゲルマニウム等の半導体基板や、被覆膜で被覆された金属基板等により形成され、上記固定電極3と可動電極4と固定側引き出し電極7と可動側引き出し電極8は、アルミニウム、金、チタン、クロム、銀、銅、パラジウム、白金、ニッケル、ニクロム等の金属や、ボロン、砒素、リン、アンチモン等の不純物をドーピングした珪素等の半導体により形成され、片持ち梁5は、珪素酸化物、珪素窒化物、珪素等により形成されている。

【0025】この実施の形態例の容量可変素子は上記のように構成されており、例えば、可変容量コンデンサとして発振回路や変調回路等の回路に組み込まれた場合には、固定電極3と可動電極4間の静電容量が上記組み込んだ回路に適合する予め定められた静電容量となるように駆動電圧信号を前記入側のリード導体を介して固定電極3と可動電極4に印加し、固定電極3と可動電極4間にクーロン力を作用させ、このクーロン力によって片持ち梁5を撓み変動させて固定電極3と可動電極4間の間隔を変動させ、固定電極3と可動電極4間の静電容量を上記回路に適合する静電容量に可変設定し、この静電容量に対応した検出電圧信号が前記出側のリード導体を介して出力される。

【0026】また、スイッチ素子として高周波回路等に組み込まれた場合には、予め定まるスイッチオンの静電容量以上の静電容量となるように駆動電圧信号を前記入側のリード導体を介して固定電極3と可動電極4に印加し固定電極3と可動電極4間の静電容量を上記スイッチオンの静電容量以上にすることにより、容量可変素子はスイッチオン状態となって静電容量に対応する検出電圧信号（電流）が前記出側のリード導体を介して外部へ流れ出るようになり、それ以外のときには容量可変素子はスイッチオフ状態となり、検出電圧信号は出力されない。このように、前記構成の容量可変素子はスイッチ素子として使用される。

【0027】上記のように、固定電極3は、可動電極4との間にクーロン力を作用させて片持ち梁5を撓み変動させるための駆動電極の機能と、可動電極4との間の静電容量を検出するための検出電極の機能とを兼用し、また、可動電極4は、固定電極3との間にクーロン力を作用させて片持ち梁を撓み変動させるための駆動用の基準電極の機能と、固定電極3との間の静電容量を検出するための検出用の基準電極の機能とを兼用している。

【0028】以下に、上記構成の容量可変素子の製造方法の一例を図2に基づき簡単に説明する。まず、支持基板2の上面全面に、蒸着やスパッタやCVDや印刷等の成膜技術を用いて、電極材料の膜を形成し、その膜の上面に固定電極3と固定側引き出し電極7を形成するためのレジストパターンをフォトリソグラフィ等により形成する。その後、上記レジストパターンが形成されている部分以外の上記電極材料の膜をエッチング等により除去する。そして、上記レジストパターンを除去して、図2の（a）に示すように、支持基板2の上面に固定電極3と該固定電極3に接続した固定側引き出し電極7を形成する。

【0029】次に、図2の（b）に示すように、上記固定電極3の上面に該固定電極3を覆う犠牲層（例えば、珪素酸化物、リンガラス、ZnO）10を蒸着やスパッタやCVD等により形成する。そして、図2の（c）に示すように、固定電極3の対向領域の位置となるように犠牲層10の上面に可動電極4を、また、支持基板2の上面に可動電極4から右側領域へ引き出して可動側引き出し電極8をそれぞれ蒸着やスパッタやCVD等を用いて形成する。

【0030】然る後、蒸着やスパッタやCVD等により、可動電極4と可動側引き出し電極8の上側に片持ち梁5を形成する材料の膜を形成し、その上側に片持ち梁5の形成位置を規定するレジストパターンをフォトリソグラフィ等により形成する。そして、レジストパターン以外の部分の上記片持ち梁5の材料膜をエッチング除去し、その後、上記レジストパターンを除去して、図2の（d）に示すように、片持ち梁5を形成する。

【0031】最後に、前記犠牲層10をエッチング除去し、図2の（e）に示すように、固定電極3と可動電極4の間に空隙11を形成して容量可変素子が完成する。

【0032】この実施の形態例によれば、可動電極4は片持ち梁5に形成されているので、両持ち梁に形成されている場合と比べて、固定電極3と可動電極4間に小さなクーロン力を作用させるだけで、つまり、低電圧で片持ち梁5を撓み変動させることが可能である。このことから、低電圧で固定電極3と可動電極4間の間隔を可変することができ、固定電極3と可動電極4間の静電容量を可変することができる。

【0033】また、この実施の形態例の容量可変素子は構造が簡単であることから、小型化を図ることが容易で

ある。さらに、その製造工程は簡単であるので、製造コストを抑えることが可能である。

【0034】ところで、図8に示すように、可動電極4と片持ち梁5を支持端側から先端側にかけて等幅状態で形成すると、固定電極3と可動電極4に駆動電圧信号を印加したときに、片持ち梁5の先端側が支持基板2側に過剰に撓む。

【0035】それというのは、固定電極3と可動電極4間に電圧を印加したときに、片持ち梁5の支持端側に発生するクーロン力によって、片持ち梁5の支持端側が支持基板2側に変動し、この片持ち梁5の支持端側の変動に伴って片持ち梁5の先端側が必然的に撓み変動し、支持基板2と片持ち梁5間の間隔（固定電極3と可動電極4間の間隔）は片持ち梁5の支持端側よりも先端側が狭くなる。片持ち梁5の先端側にも支持基板2側に引き寄せるクーロン力が次式（1）に従った大きさFで作用するので、片持ち梁5の先端側がさらに撓み変動することになる。

【0036】

$$F = -q \cdot (V_d - V_a) \cdot S \cdots \cdots (1)$$

【0037】ただし、上記式（1）に示すqは予め定められた単位電極面積当たりの電荷量を表し、 $V_d$ は電極間に印加される電圧を表し、dは電極間隔を表し、Sは電極対向面積を表している。

【0038】図8に示すような等幅の片持ち梁5（可動電極4）においては、上式（1）に示すq、 $V_d$ 、Sは支持端側と先端側で等しい状態にあり、dは支持端側よりも先端側が狭いので、支持基板2と片持ち梁5間（固定電極3と可動電極4間）のクーロン力の大きさFは、上式（1）から分かるように、片持ち梁5の支持端側よりも先端側の方が格段に大きくなって、片持ち梁5の先端側は過剰に撓み変動することになる。

【0039】このため、例えば、固定電極3と可動電極4に駆動電圧信号を印加して片持ち梁5の支持端側を僅かに支持基板2側に撓み変動させただけで片持ち梁5の先端側が過剰に撓んで片持ち梁5の先端側（可動電極4の先端側）が固定電極3に接してしまう場合が多々ある。このような場合には、固定電極3と可動電極4はショート状態であるので、駆動電圧信号の電圧レベルを高めても、固定電極3と可動電極4間の静電容量を大きくする方向に変動することはできない。つまり、静電容量を可変制御する駆動電圧信号の制御電圧範囲が非常に狭く、静電容量の可変制御が難しいという問題がある。

【0040】これに対して、この実施の形態例では、可動電極4と片持ち梁5は幅Dが支持端側から先端側に向かうに従って狭くなっているため、固定電極3と可動電極4の対向面積Sが片持ち梁5の支持端側よりも先端側が小さくなることから、片持ち梁5の支持端側の撓み変動に伴って先端側も撓んだときに、上記対向面積Sの減少に起因して固定電極3と可動電極4間に作用するクー

ロン力の大きさFが片持ち梁5の支持端側よりも先端側が格段に大きくなるのを防止することができるし、上記クーロン力の大きさFを片持ち梁5の支持端側から先端側にかけて均一にすることも可能となり、片持ち梁5の先端側が過剰に撓むのを防止できる。

【0041】したがって、図8に示す等幅の片持ち梁5を有する容量可変素子よりも、固定電極3と可動電極4間の静電容量を可変制御する制御電圧範囲を広くすることが可能となるし、静電容量の可変制御を容易にすることができ、精度良く静電容量の可変制御を行うことができる。

【0042】また、この実施の形態例では、上記の如く、片持ち梁5は幅Dが支持端側から先端側に向かうに従って狭くなっているため、図8に示すような等幅の片持ち梁5に比べて、上記幅Dの条件以外が等しい状態であれば、この実施の形態例に示した片持ち梁5の共振周波数は等幅の片持ち梁5の共振周波数よりも高くなる。このように共振周波数が高くなると、片持ち梁5の共振周波数は振動ノイズの周波数から掛け離れることになるので、この片持ち梁5の共振周波数に対応した周波数を有する容量可変素子の出力信号（検出電圧信号）に振動ノイズが乗らなくなり、容量可変素子の出力信号のSN比を向上させることが可能である。

【0043】以下に、第2の実施の形態例を説明する。この実施の形態例が前記第1の実施の形態例と異なる特徴的なことは、図3に示すように、固定電極3を第1の固定電極である検出電極3aと第2の固定電極である駆動電極3bとに分離分割したことであり、片持ち梁5のより少ない撓み変動で静電容量を大きく可変することが可能な構成とした。それ以外の構成は前記第1の実施の形態例と同様であり、その重複説明は省略する。

【0044】この実施の形態例では、片持ち梁5をクーロン力を利用して撓み変動させたときに、その撓み変動量が、片持ち梁5の支持端側から先端側にかけての全領域の平均値よりも、片持ち梁5の支持端側よりも先端側の方が大きいことに着目し、片持ち梁5の先端側の静電容量だけを検出するようにした。そうすることによって、片持ち梁5の少ない撓み変動で、より大きな静電容量の変動量を得ることが可能となる。

【0045】この実施の形態例では、固定電極3は可動電極対向領域となる位置に、検出電極3aと駆動電極3bに分けて構成されており、これら検出電極3aと駆動電極3bは、支持基板2の上面に片持ち梁5の支持端側から先端側に向かう方向に駆動電極3bを支持端側にし、配列形成されており、検出電極3aと駆動電極3bの間には間隔が設けられ、検出電極3aと駆動電極3bが直接的に導通しないようになっている。

【0046】なお、図3には図示されていないが、支持基板2の上面には検出電極3aと駆動電極3bからそれぞれ外側へ引き出された固定側引き出し電極が形成され

ており、検出電極3a側の固定側引き出し電極には前述した検出電圧信号を外部へ出力するための出側のリード導体が接続され、駆動電極3b側の固定側引き出し電極には駆動電圧信号を外部から導き入れるための入側のリード導体が接続される。

【0047】この実施の形態例の容量可変素子は上記のように構成されており、駆動電極3bと可動電極4に駆動電圧信号を印加して駆動電極3bと可動電極4間にクーロン力を発生させ、このクーロン力により片持ち梁5の支持端側を撓み変動させることによって、片持ち梁5の先端側をも撓み変動させる。この片持ち梁5の先端側の検出電極3aと可動電極4間の静電容量に対応した検出電圧信号が固定側引き出し電極を介して外部へ出力されることになる。

【0048】この実施の形態例によれば、前記第1の実施の形態例同様の優れた効果を奏することができる上に、固定電極3を検出電極3aと駆動電極3bに分離分割し、駆動電極3bを片持ち梁5の支持端側の支持基板2上に形成したので、駆動電極3bと可動電極4間のクーロン力を利用して片持ち梁5の支持端側を撓み変動させることにより、片持ち梁5の先端側を支持端側よりも大きく撓み変動させることができる。このように大きく撓み変動する片持ち梁5の先端側の支持基板2上に検出電極3aを形成したので、片持ち梁5の先端側の静電容量だけを検出することができ、この片持ち梁5の先端側の検出電極3aと可動電極4間の静電容量の可変率は、前記第1の実施の形態例に示した固定電極3と可動電極4間の静電容量の可変率と比べて、片持ち梁5全体の撓み変動量が同じであれば、上記第1の実施の形態例のものよりも大きくなり、片持ち梁5全体の撓み変動量に対する検出静電容量の可変率は前記第1の実施の形態例よりも大きくすることが可能である。

【0049】また、この実施の形態例では、前記の如く、固定電極3を検出電極3aと駆動電極3bに分離分割したので、片持ち梁5を撓み変動させるためのクーロン力を片持ち梁5の支持端側だけに発生させることが可能となり、前述したように、クーロン力に起因して片持ち梁5の先端側が過剰に撓んで支持基板2に接してしまうという問題を回避することができ、前記第1の実施の形態例同様に、静電容量を可変制御するための電圧の制御範囲を広くすることができ、静電容量の可変制御が容易となり、精度良く静電容量の可変制御を行うことができる。

【0050】以下、第3の実施の形態例を説明する。この実施の形態例が前記第1の実施の形態例と異なる特徴的なことは、図4に示すように、可動電極4を第1の可動電極である検出基準電極4aと第2の可動電極である駆動基準電極4bに分離分割したことであり、前記第2の実施の形態例同様に、片持ち梁5のより少ない撓み変動で静電容量を大きく可変することができる構成とし

た。それ以外の構成は前記第1の実施の形態例と同様であり、その重複説明は省略する。

【0051】上記の如く、この実施の形態例では、可動電極4は検出基準電極4aと駆動基準電極4bにより分離分割されており、検出基準電極4aと駆動基準電極4bは片持ち梁5の下面における固定電極対向領域に片持ち梁5の支持端側から先端側に向かう方向に駆動基準電極4bを支持端側にして配列形成され、検出基準電極4aと駆動基準電極4bの間には間隙が設けられて検出基準電極4aと駆動基準電極4bが直接的に導通しないようになっている。

【0052】なお、図4には図示されていないが、検出基準電極4aには端子部が設けられ、この端子部を介して検出基準電極4aは固定電極3との間の静電容量に対応する検出電圧信号を外部へ導き出すための出側のリード導体と接続され、また、駆動基準電極4bは可動側引き出し電極8を介して固定電極3との間に電圧を印加してクーロン力を発生させるための駆動電圧信号を外部から導き入れる入側のリード導体と接続される。

【0053】この実施の形態例においては、固定電極3と駆動基準電極4b間に片持ち梁5を撓み変動させるためのクーロン力を発生させて、このクーロン力によって片持ち梁5を撓み変動させ、この片持ち梁の撓み変動により固定電極3と検出基準電極4a間の静電容量が可変する。この固定電極3と検出基準電極4a間の静電容量に対応した検出電圧信号が検出出力される。

【0054】この実施の形態例によれば、前記第1の実施の形態例同様の優れた効果を奏することができるのはもちろんのこと、可動電極4が検出基準電極4aと駆動基準電極4bに分離分割され、検出基準電極4aは片持ち梁5の先端側に、駆動基準電極4bは片持ち梁5の支持端側にそれぞれ形成されたので、片持ち梁5の先端側の固定電極3と検出基準電極4a間の静電容量だけを検出することができるようになり、前記第2の実施の形態例同様の優れた効果を奏することができる。また、前記第2の実施の形態例同様に、片持ち梁5を撓み変動させるためのクーロン力を片持ち梁5の支持端側だけに発生させることが可能であり、片持ち梁5の先端側が過剰に撓み変動するのを防止することができ、静電容量を可変制御するための電圧の可変制御範囲を広くすることができる。

【0055】以下に、第4の実施の形態例を説明する。この実施の形態例において特徴的なことは、図5に示すように、固定電極3を、前記第2の実施の形態例に示したように、検出電極3aと駆動電極3bに分離分割し、また、前記第3の実施の形態例に示したように、可動電極4を検出基準電極4aと駆動基準電極4bに分離分割したことであり、片持ち梁5を撓み変動させるための駆動電圧信号と、静電容量に対応する検出電圧信号とを完全に分離して検出電圧信号のSN比を向上させる構成と



した。それ以外の構成は前記各実施の形態例同様であり、その重複説明は省略する。

【0056】固定電極3と可動電極4のどちらか一方あるいは両方が駆動用と検出用を兼用している構成では、検出電圧信号に駆動電圧信号のノイズが乗る場合が生じ、その駆動電圧信号のノイズが大きいと、検出電圧信号のSN比が悪化する虞れが生じる。この実施の形態例は上記問題発生を確実に回避する構成にした。

【0057】上記の如く、固定電極3は検出電極3aと駆動電極3bに分離形成され、可動電極4は検出基準電極4aと駆動基準電極4bに分離形成され、上記検出電極3aと検出基準電極4a、駆動電極3bと駆動基準電極4bはそれぞれ対向している。

【0058】この実施の形態例では、駆動電極3bと駆動基準電極4b間にクーロン力を発生させて片持ち梁5を撓み変動させ、検出電極3aと検出基準電極4b間の静電容量に対応する検出電圧信号を出力する。

【0059】この実施の形態例によれば、前記各実施の形態例同様の優れた効果を奏することができる上に、固定電極3と可動電極4を共に駆動用と検出用に分離形成したので、片持ち梁5を駆動させるための駆動電圧信号と静電容量に対応した検出電圧信号とを完全に分離した経路で流すことが可能となり、検出電圧信号に駆動電圧信号のノイズが乗ることはなく、上記検出電圧信号のSN比をより向上させることができる。

【0060】以下、第5の実施の形態例を説明する。この実施の形態例において特徴的なことは、図6の(a)に示すように、片持ち梁5が、支持端側から先端側に向かうに従って幅Dが狭くなっている幅変形梁部12と、この幅変形梁部12の先端側に連設され幅変形梁部12の先端側の幅よりも張り出して幅広面に形成されている検出部13とにより形成されていることであり、図6の(a)と、この図6の(a)に示すY-Y断面図が表されている図6の(b)とに示すように、幅変形梁部12の支持基板対向面には駆動基準電極4bが、検出部13の支持基板対向面には検出基準電極4aがそれぞれ形成され、支持基板2の上面には、上記検出基準電極4aに対向する検出電極3aと、上記駆動基準電極4bに対向する駆動電極3bとが形成されている。上記以外の構成は前記各実施の形態例同様であり、その重複説明は省略する。

【0061】ところで、可動電極4と片持ち梁5が支持端側から先端側に向かうに従って幅Dが狭くなるように形成されることによって、片持ち梁5の先端側では固定電極3と可動電極4の対向面積は狭くなる。その対向面積が狭くなった分、固定電極3と可動電極4間の静電容量が小さくなる。

【0062】そこで、この実施の形態例では、前記の如く、幅変形梁部12の先端側に幅広面の検出部13を連設し、この検出部13に検出基準電極4aを形成し、支持基板2の上面に上記検出基準電極4aに対向する検出電極

3aを形成して、検出電極3aと検出基準電極4aの対向面積を、前記各実施の形態例に示したものよりも、広くすることが可能な構成とした。このようにすることによって、容量可変素子を組み込む回路に適合した静電容量が得られるように検出電極3aと検出基準電極4aの対向面積を広くすることができ、所望の静電容量を得ることができるように静電容量を大小自在に可変設定することが可能になると共に、検出電圧信号の電圧レベルを高めることができる。

【0063】この実施の形態例では、前記第4の実施の形態例同様に、固定電極3は検出電極3aと駆動電極3bに分離分割され、可動電極4は検出基準電極4aと駆動基準電極4bに分離分割されており、前記第4の実施の形態例同様に、駆動電極3bと駆動基準電極4b間にクーロン力を発生させ、このクーロン力によって片持ち梁5を撓み変動させ、検出電極3aと検出基準電極4b間の静電容量を検出出力する。

【0064】この実施の形態例によれば、前記第4の実施の形態例同様に固定電極3と可動電極4をそれぞれ駆動用と検出用に分離分割したので、片持ち梁5の撓み変動量に対する検出静電容量の可変率を高めることができるし、駆動用の電圧信号と検出用の電圧信号の導通経路を完全に分離することが可能であることから、検出用の電圧信号のノイズを低減させることができる。その上、この実施の形態例では、検出電極3aと検出基準電極4aの対向面積を、前記各実施の形態例に示した構成のものよりも、広くすることが可能であるので、検出電極3aと検出基準電極4aの対向面積を広くして検出電極3aと検出基準電極4a間の静電容量を大きくすることができ、このことにより、検出電圧信号の電圧レベルを高めることができ検出電圧信号のSN比をさらに向上させることができる。

【0065】また、この実施の形態例では、駆動基準電極4bと幅変形梁部12は片持ち梁5の支持端側から先端側に向かうに従って幅Dが狭くなっているもので、駆動電極3bと駆動基準電極4bの対向面積は、支持端側よりも先端側が狭くなっており、前記第1の実施の形態例で述べたように、駆動電極3bと駆動基準電極4b間に作用するクーロン力を支持端側から先端側にかけて均等にすることが可能となり、先端側が大きく撓み過ぎて検出基準電極4aが検出電極3aに接してしまうために静電容量の可変電圧制御範囲が非常に狭くなるという前記問題を防止することができる。

【0066】さらに、上記の如く、幅変形梁部12の先端側に該幅変形梁部12の先端側よりも張り出した幅広面の検出部13を連設したので、前記各実施の形態例の構成のものよりも、図6の(a)に示す検出電極3aと検出基準電極4aの対向面積を広くすることが可能となる。このことから、容量可変素子を組み込む回路に適合させて静電容量を大小自在に可変設定することが容易となる。

もちろん、幅広面の検出部13を設けて検出電極3aと検出基準電極4aの対向面積を広くしなくても、所望の静電容量を得ることができる場合には、幅広面の検出部13を設けなくてもよい。

【0067】なお、この発明は前記各実施の形態例に限定されるものではなく、様々な実施の形態を採り得る。例えば、上記各実施の形態例では、可動電極4（検出基準電極4a、駆動基準電極4b）は片持ち梁5の下面に形成されていたが、固定電極対向面である片持ち梁5の上面に形成してもよい。

【0068】また、上記各実施の形態例では、全ての電極の表面が露出形成されていたが、それら電極のうちの1個以上の電極の表面に保護膜を形成するようにしてもよい。この場合には、保護膜によって電極を保護することができる。

【0069】さらに、上記第1と第2の実施の形態例では、片持ち梁5は珪素酸化物等の導電性が低い物質により形成されていたが、アルミニウム、金、チタン、クロム等の金属により形成し、片持ち梁自体を可動電極として機能させるようにしてもよい。この場合には、前記各実施の形態例に示した可動電極4の製造工程を省略することができるので、製造工程の簡略化を図ることができる。さらに、片持ち梁5は、珪素酸化物、珪素窒化物、珪素、アルミニウム、金、チタン、クロム等の様々な材料のうちのいくつかを積層して形成するようにしてもよい。

【0070】さらに、上記各実施の形態例では、クーロン力を利用して片持ち梁5を撓み変動させていたが、圧電素子や磁力を用いて片持ち梁5を撓み変動させるようにしてもよい。例えば、圧電を利用する場合には、図9に示すように、片持ち梁5の上面に、第1の圧電駆動電極14と圧電素子15と第2の圧電駆動電極16を順に積層形成する。上記第1と第2の圧電駆動電極14、15に電圧を印加すると、この電圧の大きさに応じて圧電素子15が伸縮変化し、この圧電素子15の伸縮変化に伴って片持ち梁5が撓み変動し、固定電極3と可動電極4間の間隔が変化する。この電極間隔の変化によって固定電極3と可動電極4間の静電容量が変化する。この固定電極3と可動電極4間の静電容量が検出力される。

【0071】さらに、上記第5の実施の形態例では、検出部13の幅広面は方形であったが、円形や、三角形や、五角以上の多角形等、方形以外の形状に形成してもよい。

【0072】さらに、上記第1～第4の実施の形態例では、片持ち梁5の面は台形状に形成されていたが、図7の(a)に示すように三角形に形成してもよい。また、上記第1～第4の実施の形態例に示す片持ち梁5や、第5の実施の形態例に示す片持ち梁5の幅変形梁部12は、幅Dが支持端側から先端側に向かうに従って連続的に狭くなっていったが、図7の(b)に示すように、支持端側か

ら先端側に向かうに従って幅Dを段階的に狭くしてもよい。

【0073】さらに、上記各実施の形態例では高周波交流回路に組み込む例を示したが、直流回路に組み込んでもよい。ただ、スイッチ素子として直流回路に組み込まれる場合には、例えば、可動電極4が固定電極3に接するとスイッチオン状態となり、それ以外のときはスイッチオフ状態になる。

【0074】

【発明の効果】この発明によれば、片持ち梁を用いているので、両持ち梁を用いる場合に比べて、低電圧で片持ち梁を撓み変動させることが容易となり、この片持ち梁には固定電極（検出電極、駆動電極）に対向する可動電極（検出用の基準電極、駆動用の基準電極）が形成されていることから、片持ち梁の撓み変動に伴って可動電極と固定電極の間隔が変動し、低電圧で可動電極と固定電極の間の静電容量を可変することができる。また、この発明の容量可変素子は構造が簡単であることから、小型化を図ることが容易であるし、簡単な製造手法により製造できるので、製造コストを抑えることができる。

【0075】さらに、この発明の容量可変素子が高周波回路に組み込まれて使用される場合に、片持ち梁の共振周波数は、梁の幅以外の条件が同じであれば、支持端側から先端側にかけて等幅な状態の片持ち梁よりもこの発明のように支持端側よりも先端側の梁の幅が狭くなっている片持ち梁の方が高いので、この発明における片持ち梁の共振周波数は振動ノイズの周波数からより高い方向にずれることになり、このことにより、この片持ち梁の共振周波数に対応した周波数を有する容量可変素子の出力信号に振動ノイズが乗らなくなり、容量可変素子の出力信号のSN比を向上させることができる。

【0076】また、片持ち梁の幅を支持端側よりも先端側を狭くして、可動電極の幅も支持端側よりも先端側を狭くすることによって、クーロン力によって片持ち梁が撓み変動したときに、片持ち梁の先端側にクーロン力が強く作用して片持ち梁の先端側が過剰に撓んでしまうという問題を回避することが可能となる。このことから、静電容量を可変制御するための電圧レベルの可変制御範囲を拡大することができ、静電容量の可変制御が容易となり、精度良く静電容量の可変制御を行うことができる。

【0077】固定電極あるいは可動電極のどちらか一方を検出用と駆動用に分離分割し、駆動用を片持ち梁の支持端側に、検出用を片持ち梁の先端側にそれぞれ配設したものにあっては、片持ち梁の支持端側の変動に伴って必然的に片持ち梁の先端側を撓み変動させ、この片持ち梁の先端側の電極間の静電容量だけを検出力することになるので、片持ち梁の支持端側を僅かに変動させるだけで検出する静電容量を大きく可変することができる。

【0078】また、片持ち梁を撓み変動させるためのク

ーロン力を片持ち梁の支持端側だけに発生させることができることから、片持ち梁の先端側に上記クーロン力が強く作用して過剰に撓むということはなく、静電容量を可変制御するための電圧レベル可変範囲を拡大することができ、静電容量の可変制御が容易となる。

【0079】さらに、固定電極と可動電極を共に検出用と駆動用に分離分割した場合には、片持ち梁を撓み変動させるための駆動電圧信号と、静電容量の検出電圧信号とを完全に分かれた経路で流すことができるので、検出電圧信号のノイズを低減させることができ、検出電圧信号のSN比を向上させることができる。

【0080】片持ち梁が幅変形梁部と該幅変形梁部の先端側に形成された検出部とにより形成されているものにあつては、検出用の基準電極と検出電極との対向面積を拡大することができる。この結果、検出用の基準電極と検出電極間の静電容量を大きくすることが可能となり、容量可変素子を組み込む回路に適合する所望の静電容量を得ることが容易となる。また、静電容量に対応する検出電圧信号の電圧レベルを高めることができるので、検出電圧信号のSN比をより向上させることができる。

【0081】片持ち梁の幅を支持端側から先端側に向かうに従って連続的又は段階的に狭くした発明や、片持ち梁の幅変形梁部の幅を支持端側から先端側に向かうに従って連続的又は段階的に狭くした発明にあつては、片持ち梁の共振周波数が振動ノイズの周波数からより一層高い方向にずれることになるので、容量可変素子の出力信号のSN比をより向上させることが可能である。また、固定電極と可動電極間に作用するクーロン力の大きさを片持ち梁の支持端側から先端側にかけて均一にすること

も容易となり、より精度良く静電容量の可変制御を行うことができる。

【0082】電極に保護膜を形成したものにあつては、電極の表面上に保護膜が形成されているので、電極の表面を保護膜によって保護することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態例を示す説明図である。

【図2】図1に示す容量可変素子の製造手法の一例を示す説明図である。

【図3】第2の実施の形態例を示す説明図である。

【図4】第3の実施の形態例を示す説明図である。

【図5】第4の実施の形態例を示す説明図である。

【図6】第5の実施の形態例を示す説明図である。

【図7】片持ち梁のその他の形状例を示す説明図である。

【図8】等幅状の片持ち梁の一例を示す説明図である。

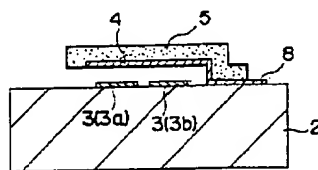
【図9】その他の実施の形態例を示す説明図である。

【図10】従来例を示す説明図である。

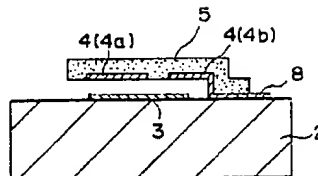
#### 【符号の説明】

- 2 支持基板
- 3 固定電極
- 3a 検出電極
- 3b 駆動電極
- 4 可動電極
- 4a 検出基準電極
- 4b 駆動基準電極
- 11 空隙
- 12 幅変形梁部
- 13 検出部

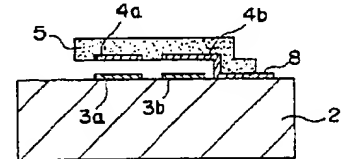
【図3】



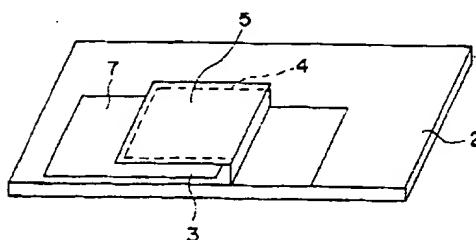
【図4】



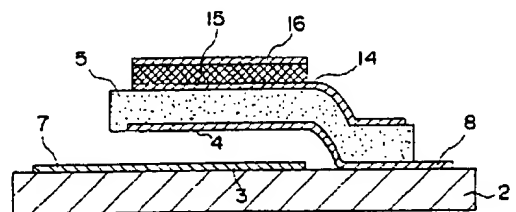
【図5】



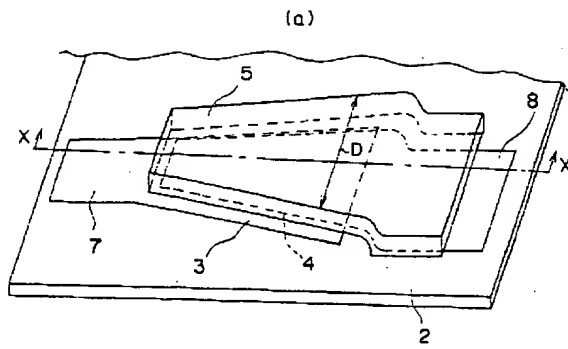
【図8】



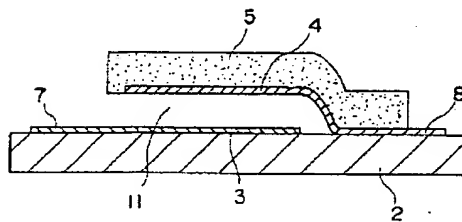
【図9】



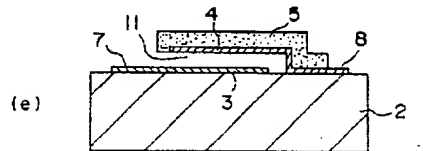
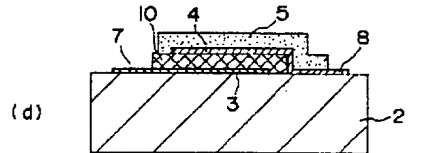
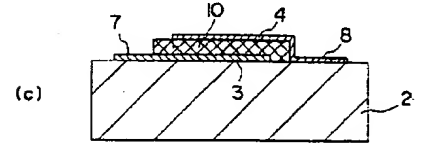
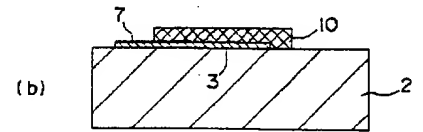
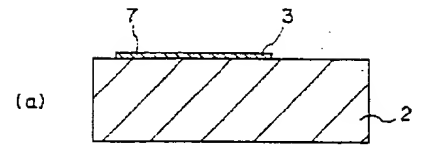
【図1】



(b)



【図2】



【図7】

(a)

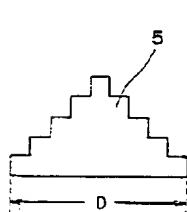
(先端側)



(支持端側)

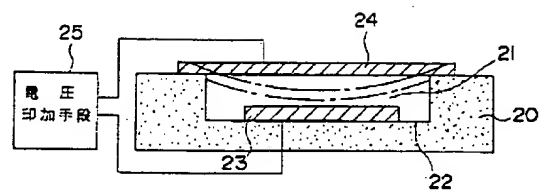
(b)

(先端側)

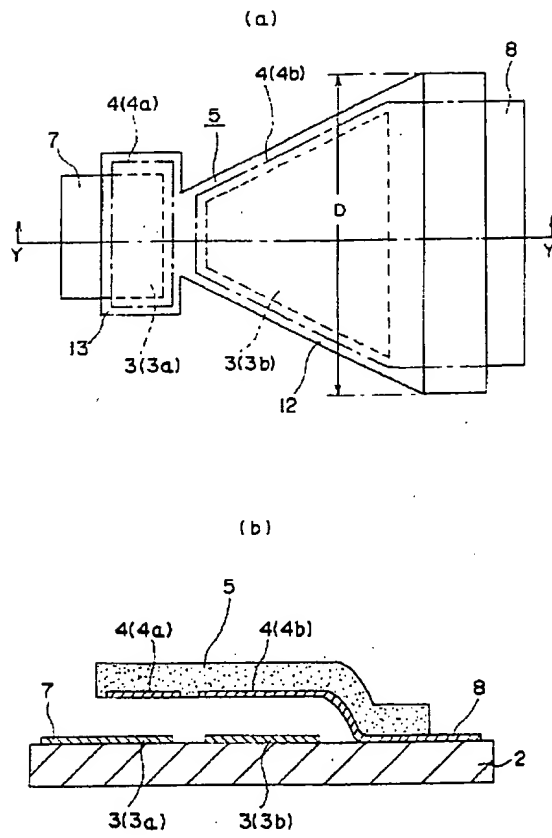


(支持端側)

【図10】



【図6】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**